以新品種新技術新思維帶動臺灣溫帶果樹產業發展

施昭彰
行政院農業委員會農業試驗所作物組

摘要

臺灣有全球最早熟、最先進的溫帶果樹生產模式，但也有相伴的生產瓶頸與困境，在全球貿易自由化、存在貿易壁壘及環境與氣候變遷下，如何持續創新，以新品種及新技術開發臺灣獨特的重要發展項目及關鍵技術來趨吉避凶、再創產業新局，有賴新思維的指引、規劃與佈局！

前言

全球在溫暖地區發展溫帶果樹的趨勢與浪潮下，臺灣溫帶果樹產業也初步利用地理位置、地形、微氣候條件、育種及生產技術等，發展出在亞熱帶、熱帶溫暖地區生產溫帶早熟水果的特殊生產模式，高接梨及早春葡萄更是臺灣獨創、全球獨有，產期全球最早並強調地產地消，有全球相對優勢，在原本不被認為可發展溫帶果樹的地方，開創新局放射出耀眼光輝！

不可諱言的是當前臺灣溫帶果樹產業並未受到應有的認知、關注與重視。經過數十年的發展，產業出現了一些瓶頸與困境，更加深了人們對溫帶果樹的誤解－認為臺灣本該適地適種！這些困境包括：

一、全球貿易自由化、貿易壁壘及環境與氣候變遷(Luedeling, 2012)。對於頻仍的天災，長期束手無策！僅能消極補貼災損，輕忽避災、防災技術的引進與輔導。

二、成見妨礙對產業發展的正確認知，誤認溫帶果樹先進國家長保優勢！國土缺少規劃，沒有出口型大規模產區的規劃設置、也缺少對地產地銷型塊狀產區的妥適設計。

三、小而零散的生產戶，缺乏標準化的生產，土壤有機質普遍不足，缺乏團粒結構；肥料及農藥的誤用，果品安全有虞。此外，產、銷組織結構不對應，尚未促成類似紐西蘭 Zespri 那樣共生共榮的關係。

四、相對高的生產成本與相對低的利潤。不宜僅強調降低成本，而應當增加投資、提升利潤、築高門檻。

五、誤認果樹先進設施栽培不可行，設施及設備不足。國內以露天栽培居多，簡易設施生產其次，欠缺精準、精密設施

生產。設施生產一般都很簡易，尚未建立標準－不抗颱、不通風、不散熱；僅少數樹種迫於現實採簡易網室生產，少用現代先進設施、結構與設備。

六、 喜歡詐底，即產品選別不清、包裝不良，缺乏國家標準。冷鏈連結有漏洞，前後環節不成套。

七、 不夠重視品牌及品種等智慧財產權，缺乏對這些無形資產的積極管理與有效運用。

雖然目前臺灣水果進口仍以溫帶水果為大宗，但也開始有少量出口，早熟就是最大的憑藉。近年來環境變遷，極端天氣事件出現頻度、幅度加劇，造成的傷害也越發嚴重。在大環境趨勢下如何趨吉避凶？有賴新思維指引創新、規劃、佈局。

所有水果中以溫帶水果最耐儲運，可以長程、長期運銷，未來如能窮本究源、克服產業發展瓶頸及困境，持續創新，以新品種、新技術及新思維開發台灣獨特的重要發展項目及關鍵技術，以臺灣距離世界三大主要市場(亞、歐、美)均適中的地理位置及交通條件，農業、工業、商業及服務業如能跨域合作，合體共生衍生產業新思維－產業 4.0，激發第 4 波的產業革命，將可使得臺灣溫帶果樹產業極具國際競爭力，進而逆轉勝變成臺灣經濟發展的重要產業！

未來台灣獨特的重要發展項目及關鍵技術

一、低需冷量、耐儲、早熟、短果枝型、矮性之優質品種與穗砧優秀組合力育種。

例如以濕冷層積溫做為種籽選拔依據，選育低需冷量、喜高溫、耐儲早熟、優質品種(施 2011；施 2013a, 2013b；van Nocker and Gardiner 2014)；選育短果枝型矮性品種，確立良好穗砧組合(Mudge *et al.* 2009)，以果園規劃－寬行密植，草生栽植，喬化或矮化與整枝，修剪形式配合短果枝型品種，來截取利用太陽能，增加受光空間，就能大大提升生產力(Goldschmidt 2013；Janick 2005)

二、標幟關鍵功能性基因確定作為選拔優秀子代與協助多倍體育種之生物技術

1. 以生物技術標幟關鍵功能性基因作為確定優秀子代選拔的依據。
2. 利用生物技術培育果樹多倍體(陳等 2009；聶等 2007)：（多倍體育種的目的性比較明確，如 4 倍體果樹培育的目的是利用其巨大性，3 倍體果樹培育目的是其無子性）

(1)自然突變形成果樹多倍體：芽變（基因突變和染色體變化）－枝條選育果樹多倍體(多為 4 倍體突變；少數 3 倍體)；溫度驟變－實生苗選育果樹多倍體。

(2)人工誘導獲得果樹多倍體：

A. 利用物理(溫度驟變、機械損傷－反復摘心、電離、非電離輻射、 X 射線及中子等輻照等)、化學(秋水仙素、吲哚乙酸、氧化亞氮等)或生物技術等手段干預果樹正常生長，改變其體細胞或生殖細胞的倍性，進而通過有性雜交

和細胞融合等方法產生果樹多倍體。

B.可提供誘導獲得果樹多倍體的方法主要有：

a. 化學誘變(秋水仙素、吲哚乙酸、氧化亞氮等)；

b. 細胞融合(化學融合法和電融合法)－原生質體融合技術最為誘人之處就是可以用來產生體細胞雜種和體-配雜種。克服有性雜交不親和、性器官敗育和珠心胚干擾等傳統育種途徑不能解決的問題，擴大了遠緣雜交的範圍。體－配融合是原生質體融合的一種，利用原生質體融合技術將體細胞的原生質體 2 X 和配子的原生質體 1 X 進行融合，產生一個 3 倍體細胞，進而形成 3 倍體植株）；

c. 胚乳培養－胚乳是天然的 3 倍體組織，具有雙親的遺傳成分，對育種後代性狀有一定的預見性。胚乳具有一般細胞的全能性，胚乳細胞培養可獲得 3 倍體植株。胚乳離體培養比 2 X 與 4 X 雜交獲得 3 倍體快得多。以胚乳培養果樹多倍體很少成功應用於生產的原因：移植成活困難，其與 2 倍體砧木不親和；胚乳培養植株的染色體數目不穩定，常含有 2 倍體及非整倍體，有的則在自然移植生長過程中退化成 2 倍體；

d. 有性雜交－以人工誘發多倍體，特別是利用秋水仙素等化學藥物誘變，只能把原有類型的染色體數目增加一倍，因而無論原來的類型是 2 倍體或是多倍體，誘變後都是偶數的同源多倍體。為了獲得較多的多倍體，最好還是用多倍體與 2 倍體、多倍體與多倍體之間進行雜交。要培育奇數多倍體和異源多倍體，要經過有性雜交。利用有性雜交獲得多倍體的途徑很多，2 倍體和 2 倍體、2 倍體和多倍體、多倍體和多倍體之間雜交均可獲得多倍體植株。經多倍體間、2 倍體與多倍體間的有性雜交獲得果樹多倍體，是目前獲得 3 倍體的最有效途徑，2 倍體金冠蘋果與 4 倍體雜交，後代中有 70%是 3 倍體。用 4 倍體作母本，2 倍體作父本時，容易得到發育完全的種子，其中約有 30%是 3 倍體；用 2 倍體作母本，則正常的單倍性雌配子受精產生的 3 倍體胚幾乎全部退化，有時不能產生種子或極少產生種子。因此以有性雜交培育 3 倍體時，要注意父、母本的選擇。對於發育不完全的 3 倍體合子胚，可以結合胚培養技術進行搶救。另外在柑橘 2 倍體與 2 倍體雜交中也發現有 3 倍體產生。植物 2n 配子在育種方面具有許多優越性：經 2n 配子提高後代倍性，可避免體細胞加倍等無性多倍化使

雜種育性和生活力降低的缺陷；克服遠緣雜交不親和性和胚乳平衡數障礙；2n 配子在傳遞雜合性和上位性方面有特殊價值；以 2n 配子在 2 倍體水準上雜交可獲得 3 倍體或 4 倍體。許多果樹上均有 2n 配子，但利用 2n 配子進行多倍體育種的研究較少，主因是 2n 配子的自然發生率比較低：蘋果的 2n 花粉發生頻率為 0.014~1.71%，葡萄的 2n 花粉發生頻率為 0.015~5.85%。提高 2n 配子的發生頻率是利用 2n 配子進行多倍體育種的關鍵，2n 雄配子在育種中的利用較雌配子更為簡便。

C. 體細胞變異的誘導。

D. 花粉和花藥培養、胚乳培養、植物的遺傳轉化、細胞融合及與植物遺傳育種相關的其他分子生物學技術。

(3) 多倍體果樹的優點：

A. 生長健壯、粗枝、厚葉、大果、少子或無子、產量高。

B. 使植株基因活性及酶的差異性增強。

C. 增強植株的生態適應性、對逆境的抗耐性以及降低蒸騰作用，提高了光合效率。

D. 利用無性繁殖固定其優良性狀，保持穩定而不分離，從而能在生產上長期利用。

(4) 果樹的 3 倍體與其他多倍體比較：

A. 其營養生長通常是最好的。

B. 3 倍體具有兩大基本特徵：

a. 由體細胞增大所引起的巨大性－細胞體積增大，枝條變粗，葉片變寬變厚、葉色濃綠，葉綠體數目增加，氣孔變大但密度下降，花粉粒增大，果大，可食率高；但部分器官的巨型並不導致整個植株的巨型化，有的 3 倍體果樹表現為生長緩慢，樹體較小，節間變短。

b. 減數分裂配對過程紊亂與花粉粒巨型化造成的不育性：少子或無子，大多需要配植一定比例的 2 倍體授粉樹。

C. 再加上多種不同物種類型和品種的 3 倍體所具有的特殊可貴性狀。如：大多數的 3 倍體對外界環境條件具有較強的適應性，如抗旱、抗病、抗寒等。

三、以設施生產並調控光熱條件，滿足溫帶果樹作物生育需求，縮短生育期增進品質(施等 1996；施 2011)

例如以網室栽培保護植株免受病、蟲及鳥害，果實不必套袋省工栽培。以噴霧降低溫度滿足休眠需求，而以日光增溫促進積熱、增進植株生理活性、縮短或改變生育期、促進花芽分化與發育(Wilkie *et al.* 2008)，增進果實品質。短日下以紅光誘發長日效果，並增進光合作用；逆境下夜間以藍光誘使氣孔開放，並以紅光照射，增進光合作用。

四、根域環境條件(溫度、濕度、含氧量、營養)調控

例如以奈米材料陶瓷隔熱反光漆保持根域溫度，並以營養液及介質栽培，進行根域的控溫、控濕(施 1991；柯等 1996)及循環回收營養液的過濾、殺菌與加氧作業。

五、以光電工業小太陽 LEP (Light Emitting Plasma) 調控溫帶作物的光敏素生理反應以逃避休眠、以短波長光源調控感光色素系統以調控果品品質及植株形態發生

例如以 LEP 中先進的 ALP (Advanced Lighting Plasma)特製光源中的紅外線波長激發光敏素活性，讓落葉果樹不休眠，誘引葉片內促進生長的激素增加、促進葉綠素的合成，而乙烯及離層酸則減少。低緯度地區溫帶果樹休眠生理過程因前被動休眠期缺少低溫的強化休眠作用將被逆轉，生長抑制作用解除。溫帶果樹休眠因此被迴避或終止，新的生長週期開始，產期可調控。(Campoy *et al*. 2010; Pérez *et al*. 2011; Ramírez and Kallarackal 2014; Saure 1985)

六、避災(地震、豪雨、洪澇、乾旱&強風)技術與防災(防震、防雨、防澇、抗旱及抗風)結構建立

例如：選擇作物不在災害期間生產以逃避災損；以堅強外結構破風裝置在強風肆虐下形成亂流，以暴制暴、減弱風勢，保護設施結構本體及植株免受風害。並創造通風、散熱環境，減少病、蟲、鳥害，有利有機化生產；在易淹水地區避開生產供作滯洪池，或以高腳設施結構生產迴避淹水；以塑膠布溫室取代玻璃溫室防震；設施蓄積的雨水儲備供乾旱時使用，實施節水灌溉等(施 1995；施 2011)。

七、發展低莖作物如草莓，符合垂直式植物工廠生產需求的栽培容器材料工業，及與其配套的介質紡織工業

突破平面栽培的限制，發展三度生產空間，周年生產！單位面積的產量呈倍數的增進，品質極優化，單位時空之產值可增進上百倍。以乾淨、安全有機介質栽培，極經濟利用土地，介質團粒結構佳、營養豐富平衡。介質置換簡易便捷又環保，自然進行輪作、連作。促成栽培介質材料工業全球化應用！設施內實施智能環控，突破季節限制，經濟效益超高，突顯台灣相對優勢。

以上三～七亦都是因應氣候變遷的利器。

八、強調以生態防治領頭，生物、物理、生化防治法輔助的綜合防治網生產安全水果

綜合防治法有 6 字訣：

1. 避－好的栽培區、栽培期間避開病蟲為害高峰。
2. 封－防蟲網、隔離暗房等。
3. 工－人工摘除群集的幼蟲卵葉或病枝、病葉等。
4. 誘－殺蟲燈(陷阱)、黏板、性誘殺劑等。
5. 藥－使用允許的非化學性生物農藥，如蘇力菌、苦參鹼、波爾多液等。
6. 準－準確地把握病、蟲防治適期。

果樹設施栽培的有機化管理要重視：

1.生態防治法(栽培環境溫度、濕度＋通風

換氣＋日長調控)

A. 溫、濕度（噴霧、水牆、通風換氣）調控。

B. 日長（長日下暗處理、短日下延長光照）調控。

C. 土壤溫度（自動溫控）、濕度（自動灌溉）調控。

D. 自動防寒系統（自動溫風加溫）。

2. 生物防治法(天敵、水霧＋通風、微生物、人為陷阱誘殺)

3. 物理防治法(色光、負壓、電誘殺、網溫室＋隔離室、粘紙、植物油等)

4. 植體健化防治法(有益微生物及有機質肥料增強植體自身免疫力)

5. 以上技術組成之設施下周年生產生育與病蟲害防治調控模式。

九、開發新高冷鏈通路設備及技術，以增強臺灣水果長程、長期輸銷能力

例如以低溫、高濕之恆溫恆濕、氣變(MA; Modified Atmosphere)冷藏系統及冷鏈設備、技術，保持鮮果長期、長程儲藏力。

一〇、優質生鮮果品的加值化加工技術

各類水果（梨、枇杷、草莓、葡萄、水蜜桃、柿子等）加工加值副產品，如梨膏、枇杷膏、水果酒、蜜餞、果醬、水果醋、創意西點及水果風味餐等。

一一、結合觀光的創意加值休閒旅遊規劃。

渡假在農村！花果蔬菜園、植物工場－觀光草莓超高玻璃帷幕塔、電動舉升機工業、有機農業、休閒農業、餐館與遊樂園合體。

結論

經由科技研發的新思維，前瞻科技的開發，新興產業、產區的規劃、輔導，進行臺灣果樹產業的經營型態策略的調整，引進工業技術協助農業轉型，例如避災(產業、產區、產期)、防災(防蟲、防病、防風、抗震)、光電、能源交換、材料、紡織、資工技術的導入，加上商業資金的奧援與服務業無微不至的照顧，將使得臺灣農業脫胎轉骨。

臺灣溫帶果樹產業的全球相對優勢在於：獨特、優質與創新。可帶動農業轉型到更新、更高、更好的技術與經營層面，並帶領世界引發臺灣風潮。

臺灣以溫帶果樹產業領頭的產業結構規劃、佈局，突破超越貿易壁壘、克服環境變遷、友善地球生態環境，將顯現劃時代對世界的貢獻！我們在一起創造的是「幸福經濟產業」！

參考文獻

柯立祥、顏昌瑞、施昭彰 (1996) 果園灌溉及自動化之應用。果園自動灌溉技術手策（柯立祥主編）。p.1–6。行政院農業委員會補助，臺灣省農業試驗所、國立屏東科技大學執行。1996 年 6 月出版（1998 年 5 月 2 版）。

施昭彰 (1991) 從水分生理觀點談果樹之生產管理。園藝作物產期調節研討會專集 II。(林信山、張林仁　主編。p.35–47。臺灣省臺中區農業改良場特刊第 23 號。臺灣省臺中區農業改良場編印。

施昭彰、吳安娜、張有明 (1996) 以遮陰降溫提昇枇杷產期之影響。中華農業氣象

3(4):197–201。

施昭彰 (2011) 溫帶果樹氣候變遷的育種及生產管理應變。p.191–199。因應氣候變遷作物育種及生產環境管理研討會專刊。農業試驗所特刊第 156 號。行政院農業委員會農業試驗所，臺中縣。

施昭彰 (2013a) 臺灣枇杷育種。柯立祥、顏昌瑞(主編)。p.131–136。臺灣果樹育種研討會專刊。100 年 12 月 7 日，國立屏東科技大學。國立屏東科技大學農園系出版，屏東縣。

施昭彰 (2013b) 臺灣梨育種。p.137–143。臺灣果樹育種研討會專刊。柯立祥、顏昌瑞，主編。100 年 12 月 7 日，國立屏東科技大學。國立屏東科技大學農園系出版，屏東縣。

陳延惠、劉麗、李洪濤、胡青霞、李方平 (2009) 果樹倍性育種研究進展。河南農業科學 (6):15–17。

聶振朋、溫明霞、徐建國、柯甫志、羅君勤、李麗 (2007) 果樹多倍體育種研究進展。現代農業科技 23:17–18。

Campoy, J. A. D. Ruiz, J. Egea (2010) Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review. Scientia Horticulturae 130(2):357–372.

Goldschmidt, E. E. (2013) The Evolution of Fruit Tree Productivity: A Review. Econ Bot. 67(1):51–62.

Janick, J. (2005) The Origins of Fruits, Fruit Growing, and Fruit Breeding. Plant Breeding Rev. 25:255–320.

Luedeling, E. (2012) Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review. Scientia Horticulturae 144:218–229.

Mudge, K., J. Janick, S. Scofield, and E. E. Goldschmidt (2009) A History of Grafting. Horticultural Reviews 35:437–493.

Pérez, F. J. N. Kühn, and R. Vergara (2011) Expression analysis of phytochromes A, B and floral integrator genes during the entry and exit of grapevine-buds from endodormancy. Journal of Plant Physiology 168(14):1659–1666.

Ramírez, F., J. Kallarackal (2014) Ecophysiology of temperate fruit trees in the tropics. In book: Advances in Environmental Research Vol 31, Edition 1. Chapter: Ecophysiology of Temperate Fruit Trees in the Tropics. J. A. Daniels, ed. Nova Publishers.

Saure, M. C. (1985) Dormancy Release in Deciduous Fruit Trees. Horticultural Reviews 7:239–300.

van Nocker, S. and S. E. Gardiner (2014) Breeding better cultivars, faster: applications of new technologies for the rapid deployment of superior horticultural tree crops. Horticulture Research 1, Article number: 14022. Published online.

Wilkie, J. D., M. Sedgley, and T. Olesen (2008) Regulation of floral initiation in horticultural trees. Journal of Experimental Botany 59(12):3215–3228.